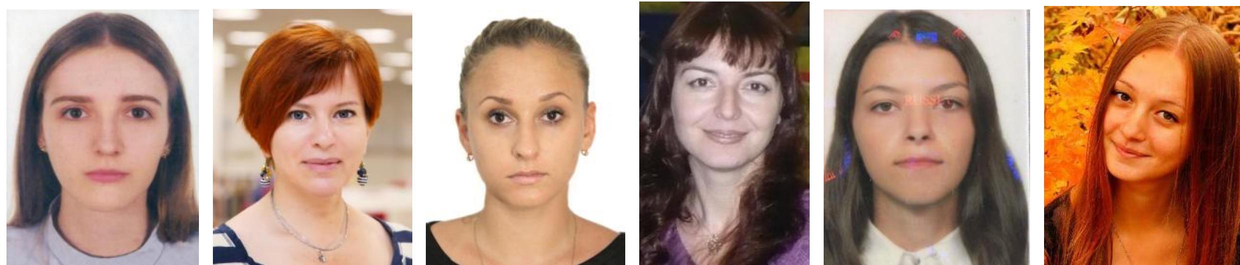


УДК 631.4(571.63)

А.Д. Попова, В.А. Семаль, А.В. Брикманс,
О.В. Нестерова, Ю.А. Колесникова, М.А. Бовсун
A.D. Popova, V.A. Semal, A.V. Brikmans,
O.V. Nesterova, Yu.A. Kolesnikova, M.A. Bovsun

ПРИМЕНЕНИЕ БИОУГЛЯ КАК МЕЛИОРАНТА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АГРОПОЧВ ЮГА ПРИМОРСКОГО КРАЯ

THE USE OF BIOCHAR AS AN AMELIORANT AND ITS EFFECT ON THE CHANGE OF PHYSICAL PROPERTIES OF AGRICULTURAL SOILS IN THE SOUTH OF THE PRIMORSKIY REGION

Ключевые слова: *биоуголь, гранулометрический состав, микроагрегатный состав, коэффициент дисперсности, фактор структурности, степень агрегированности, агротемногумусовый подбел, Endoargic Anthrosols (Endoclayic), Дальний Восток России.*

Впервые для агропочв юга Приморского края на примере агротемногумусовых подбелов рассматривается влияние внесенного в почву биоугля (биочара), произведенного из древесных остатков березы *Betula alba,* полученного методом пиролиза при температуре 360-380⁰C, на физические свойства почвы: гранулометрический состав, коэффициент дисперсности по Качинскому (Кд), степень агрегированности по Бэйверу и Роадесу (Аг), фактор структурности (Кс) по Вадюниной в зависимости от разных доз внесения биочара (1 кг/м^2 (10 т/га) и 3 кг/м^2 (30 т/га)) и наличия дренажной мелиоративной системы. Выявлено, что пахотные горизонты агротемногумусовых подбелов всех вариантов опыта тяжелого гранулометрического состава и с высоким содержанием фракций крупной и мелкой пыли. При внесении биоугля в любой дозе изменений в гранулометрическом составе не происходит. В бездренажной системе долговременное влияние биоугля увеличило количество физического песка. Последействие биоугля уменьшает коэффициент дисперсности во второй год применения, улучшая микроструктуренность почвы вне зависимости от внесения дозы биоугля и наличия дренажной системы. Степень агрегированности почвы улучшается с применением биоугля во всех вариантах опыта. Структурность почв повышается в первый год применения биоугля во всех вариантах доз и наличия или отсутствия дренажа. Последействие биоугля во второй год понижает структурность как пространственно, так и хронологически. Планируется получение хронологических и пространственных данных по гидрофизическим параметрам почвы и исследование влияния внесенного в почву биоугля на параметры физических свойств агротемногумусовых подбелов в целях совершенствования землепользования.

Keywords: *biochar, particle-size distribution, microaggregate composition, dispersion coefficient, structural factor, aggregation degree, Endoargic Anthrosols (Endoclayic), Russian Far East.*

For the first time for agricultural soils in the south of the Primorskiy Region (Russia), the influence of bio-charcoal (biochar) applied in soil is studied by the example of Endoargic Anthrosols. The biochar was made from wood residues of birch (*Betula alba*) and obtained by pyrolysis at a temperature of 360-380°C. Different rates of biochar application (1 kg m^2 (10 t ha) and 3 kg m^2 (30 t ha)) in soils depending on the presence of drainage system were studied. The physical properties of the soil: particle-size distribution, dispersion coefficient according to Kachinskiy, aggregation degree according to Baver and *Rhoades,* and structural factor according to Vadyunina were studied. It was revealed that the surface horizons of agrosoils of all variants had heavy particle size distribution and had high content of coarse and fine dust fractions. When any rate of biochar is applied, no changes in the particle-size distribution occur. The long-term effect of biochar has increased the amount of physical sand in a drainless system. On the second year, biochar reduces the dispersion coefficient, improves the microstructure of the soil regardless biochar application rate and the presence of a drainage system. The degree of soil aggregation is improved with the use of biochar in all variants of the experiment. The soil structure factor increases on the first year of biochar application in all rates and the presence or absence of drainage. The aftereffect of biochar on the second year lowers the

VISIT…

LANZAROTE
Caliente.com

structural factor both spatially and chronologically. It is planned to obtain chronological and spatial data on soil hydro-physical parameters and to study the effect of biochar application on the parameters of the physical properties of agrosoils in order to improve land use.

Попова Анастасия Дмитриевна, магистрант, Школа естественных наук, Дальневосточный федеральный университет; инженер, Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, г. Владивосток. E-mail: anastasia97@list.ru.

Семаль Виктория Андреевна, к.б.н., доцент, Школа естественных наук, Дальневосточный федеральный университет; с.н.с., Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, г. Владивосток. E-mail: semal.va@dvfu.ru.

Брикманс Анастасия Владимировна, к.б.н., доцент, Школа естественных наук, Дальневосточный федеральный университет г. Владивосток. E-mail: anastasyach7@mail.ru.

Нестерова Ольга Владимировна, к.б.н., зав. каф. почвоведения, Школа естественных наук, Дальневосточный федеральный университет г. Владивосток. E-mail: nesterova.ov@dvfu.ru.

Колесникова Юлия Александровна, магистрант, Школа естественных наук, Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток. E-mail: kolesnikova.iua@students.dvfu.ru.

Бовсун Мария Александровна, магистрант, Школа естественных наук, Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток. E-mail: pompoi.tt@mail.ru.

Popova Anastasiya Dmitriyevna, master's degree student, School of Natural Sciences, Far Eastern Federal University; Engineer, Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch of Rus. Acad. of Sci., Vladivostok. E-mail: anastasia97@list.ru.

Semal Viktoriya Andreyevna, Cand. Bio. Sci., Assoc. Prof., School of Natural Sciences, Far Eastern Federal University; Senior Staff Scientist, Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch of Rus. Acad. of Sci., Vladivostok. E-mail: semal.va@dvfu.ru.

Brikmans Anastasiya Vladimirovna, Cand. Bio. Sci., Assoc. Prof., School of Natural Sciences, Far Eastern Federal University, Vladivostok. E-mail: anastasyach7@mail.ru.

Nesterova Olga Vladimirovna, Cand. Bio. Sci., Head, Chair of Soil Science, School of Natural Sciences, Far Eastern Federal University, Vladivostok. E-mail: nesterova.ov@dvfu.ru.

Kolesnikova Yuliya Aleksandrovna, master's degree student, School of Natural Sciences, Far Eastern Federal University. Vladivostok. E-mail: kolesnikova.iua@students.dvfu.ru.

Bovsun Mariya Aleksandrovna, master's degree student, School of Natural Sciences, Far Eastern Federal University. Vladivostok. E-mail: pompoi.tt@mail.ru.

Введение

За последние 10 лет в мире получено довольно немалое количество положительных результатов от внедрения биоугля в практику сельского хозяйства зарубежных стран [1]. Помимо потенциала для открытия новых прибыльных рынков в области сельского хозяйства и промышленности, биоуголь имеет немалую перспективу в защите почв и климата планеты [2], что важно для всего мирового сообщества, в том числе для решения проблем рационального применения биоугля в сельском хозяйстве. Но исследования влияния внесенного биоугля на почвенную систему требуют больше данных и дополнительных исследований для масштабных и экономически выгодных перспектив применения его в сельском хозяйстве.

Одной из важных проблем в вопросе повышении плодородия агропочв является создание оптимальных водно-воздушных условий в прикорневой зоне растений. В условиях интенсивного земледелия почвы испытывают на себе сильную антропогенную нагрузку, подвергаясь сильному механическому воздействию, предусматривающему многократные проходы техники, больших норм удобрений и средств химизации, что может привести как к негативному влиянию на почву, так и на почвенные процессы [3]. В муссонном типе климата Приморского края эта проблема стоит очень остро: тяжелый гранулометрический состав, плохие водно-воздушные свойства в совокупности с влиянием механического воздействия на агропочвы приводят к ухудшению условий роста и развития растений, что может снижать урожай [4].

Внесение биоугля изменяет физические свойства почвы, такие как текстура, структура, распределение размеров пор и плотность, водоудерживающая способность, рост растений [5].

Биоуголь имеет плотность намного ниже, чем минеральная часть почвы, и поэтому применение биоугля может уменьшить плотность сложения почвы, хотя возможен и обратный эффект. Если внесенный биоуголь имеет низкую механическую прочность и сравнительно быстро распадается на мелкие частицы, которые заполняют существующие поровые пространства в почве, тогда плотность сложения почвы будет увеличиваться [6].

В сельском хозяйстве относительно небольшие различия в плотности почвы могут быть связаны с агротехнической обработкой. Обычно без добавления биоугля более низкая плотность сложения связана с высоким содержанием органиче-

ского вещества в почве, что приводит к высвобождению и удержанию питательных веществ (удобрений) и/или из-за рационального использования (потенциально приводя к улучшению прорастания семян и экономии затрат на обработку почвы). Применение биоугля в почве замедляет высвобождение питательных элементов [6].

Имеются данные, свидетельствующие о том, что применение биоугля в почве может увеличить общую площадь поверхности почвы [7] и, следовательно, может улучшить водоудерживающую способность [5] и почвенную аэрацию, особенно на почвах с тяжёлым гранулометрическим составом. Повышенная удельная поверхность почвы может улучшать условия для микробиологической активности и общей сорбционной способности почв. Кроме того, на почвенную гидрологию может влиять частичная или полная блокировка почвенных пор наименьшими фракциями частиц биоугля, снижая скорость проникновения воды [6].

Верхейн утверждает, что добавление биоугля в почву может оказывать прямое и косвенное воздействие на сохранение почвенной влаги, которое может быть коротким или долговременным [6]. Удержание влаги в почве определяется распределением и связностью пор в почвенной среде, которая в значительной степени регулируется размером частиц (текстурой) в сочетании со структурными характеристиками (агрегацией) и содержанием органического вещества.

Прямой эффект применения биоугля связан с его большой площадью удельной поверхности. Биоуголь будет иметь различный диапазон пористых структур в зависимости от исходного сырья [8]. Предполагаемые косвенные эффекты применения биоугля на удержание влаги в почве связаны с улучшением агрегации или структуры. Он может влиять на агрегацию почвы из-за взаимодействия с органическим веществом почвы, минералами и микроорганизмами. У зрелого биоугля обычно высокая емкость катионного обмена, увеличивающая его потенциал, чтобы действовать как связывающий агент органического вещества и минералов. Были обнаружены признаки того, что биоуголь действовал в качестве связующего агента в микроагрегатах в почвах под лесом, пастбищах и в пахотных землях [6]. Таким образом, высокая удельная поверхность биоугля может привести к увеличению водоудерживающей способности, хотя эффект зависит от исходной текстуры почвы.

Целью работы являлось изучение влияния внесения разных доз биоугля (1 кг/м^2 (10 т/га) и 3 кг/м^2 (30 т/га)) на некоторые физические свойства агротемногумусовых подбелов юга Приморского края. В **задачи** входило выявление изменения гранулометрического и микроагрегатного составов и оценка структурного состояния (коэффициент дисперсности, степень агрегированности, фактор структурности) агротёмногумусовых подбелов с наличием или отсутствием внутрипочвенного дренажа при добавлении биоугля.

Объекты и методы

Объекты исследования расположены в прибрежной агроклиматической зоне Приморского края на территории экспериментального опытного участка (6 га) с овощным севооборотом с применением глубокого дренажа (120 см) и без дренажа на территории Приморской овощной опытной станции — филиала ФГБНУ «ФНЦ овощеводства» (43°25'22.4"N 132°18'50.6"E, с. Суражевка, Приморский край, Россия). Биоуголь (из древесных остатков березы *Betula alba,* получен методом пиролиза при температуре 360-380^{0}С) в дозах 1 и 3 кг/м^2 был заложен в пахотный горизонт агротемногумусовых подбелов в июне 2017 г., почвенные образцы были отобраны в 2017 г. (до внесения биоугля), в 2018, 2019 гг. Почвы представлены агротемногумусовыми подбелами [9] на делювиальных отложениях глинистых сланцев или Endoargic Anthrosols (Endoclayic) по World Reference Base for Soil Resources [10].

Были использованы следующие методы для лабораторных исследований: определение плотности частиц грунта пикнометрическим методом (ГОСТ 5180-84); гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава грунтов пипеточным методом (ГОСТ 12536-2014). На основе гранулометрического и микроагрегатного анализа произведена оценка структурности почвы: коэффициент дисперсности по Н.А. Качинскому (Кд); степень агрегированности по Бэйверу и Роадесу (Аг), фактор структурности (Кс) по Вадюниной [11].

Результаты и их обсуждение

Шеин Е.И. отмечает, что гранулометрический состав почв является важной генетической и агрономической характеристикой, от него зависят почти все физические свойства почв: порозность, влагоемкость, водопроницаемость, водоподъемная способность, воздушный и тепловой, режимы [12]. Наличие глинистых частиц в почвах и грунтах придает им пластичность, имеющую большое значение при обработке почв [13].

Гранулометрический состав агротёмногумусовых подбелов за 2017, 2018 и 2019 гг. на участке без внутрипочвенного дренажа по хронологии изменился с суглинка тяжелого в 2017 г. до глины легкой в 2018 и 2019 гг., при этом уменьшилось и количество физического песка (табл. 1). В пространственном распределении (контроль – биоуголь в дозе 1 кг/м^2 – биоуголь в дозе 3 кг/м^2) в 2018 и 2019 г. изменения в названии почвы по гранулометрическому составу не произошло, но выявлено небольшое увеличение фракции крупного и среднего песка и уменьшение фракции мелкого песка.

Долговременное влияние внесения биоугля как в дозе 1 кг/м^2, так и в дозе 3 кг/м^2 немного увеличивает количество крупного и среднего песка и уменьшает фракцию мелкого песка.

Гранулометрический состав агротёмногумусовых подбелов за 2017, 2018 и 2019 гг. на участке с внутрипочвенным дренажем по хронологии изменился с глины легкой в 2017 и 2018 гг. на глину легкую, переходящую в глину среднюю в 2019 г. Пространственное изменение гранулометрического состава в 2018 г. показало положительное влияние биоугля в дозе 3 кг/м^2. На этом варианте почва является суглинком тяжелым, тогда как в 2019 г. в вариантах с внесением биоугля также идет облегчение гранулометрического состава до глины легкой. Увеличивается содержание физического песка в ряду контроль – биоуголь в дозе 1 кг/м^2 – биоуголь в дозе 3 кг/м^2.

Таблица 1

Гранулометрический (над чертой) и микроагрегатный (под чертой) составы мелкозёма пахотного горизонта агротемногумусового подбела

Год, горизонт, мощность		Содержание фракций элементарных почвенных частиц (%), мм								
		1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	менее 0,001	>0,01 физ. песок	<0,01 физ. глина	Название гранулометрического состава
Без дренажа										
2017	PU контроль (без биоугля)	6/9	10/33	31/32	15/24	21/1	17/1	52/74	48/26	Суглинок тяжелый пылеватый
2018	PU контроль	2/9	13/20	28/50	17/13	24/6	16/2	43/79	57/21	Глина легкая пылеватая
2018	PU 1 кг/м^2	3/8	11/31	31/39	17/10	20/8	18/4	45/78	55/22	Глина легкая пылеватая
2018	PU 3 кг/м^2	4/7	9/29	28/40	14/12	26/8	19/4	41/76	59/24	Глина легкая пылеватая
2019	PU контроль	4/8	7/25	29/41	18/12	24/11	18/3	40/74	60/26	Глина легкая пылеватая
2019	PU 1 кг/м^2	5/7	7/38	32/31	17/12	24/10	15/2	44/76	56/24	Глина легкая пылеватая
2019	PU 3 кг/м^2	6/8	3/39	32/34	19/10	23/7	17/2	41/81	59/19	Глина легкая пылеватая
Дренаж										
2017	PU контроль	5/9	11/46	30/35	20/7	19/2	15/1	54/90	46/10	Суглинок тяжелый пылеватый
2018	PU контроль	3/4	8/28	29/45	18/12	24/8	18/3	40/77	60/23	Глина легкая пылеватая
2018	PU 1 кг/м^2	3/5	0/15	30/48	21/16	26/13	20/3	33/68	67/32	Глина средняя пылеватая
2018	PU 3 кг/м^2	2/5	14/24	35/44	10/15	19/9	20/3	51/73	49/27	Суглинок тяжелый иловато-крупнопылеватый
2019	PU контроль	3/5	3/27	29/39	23/14	25/12	17/3	35/71	65/29	Глина легкая, переходящая в глину среднюю пылеватая
2019	PU 1 кг/м^2	4/4	3/32	34/38	19/12	26/13	14/1	41/74	59/26	Глина легкая пылеватая
2019	PU 3 кг/м^2	3/4	10/34	28/36	19/13	24/11	16/2	41/74	5/26	Глина легкая пылеватая

Долговременное воздействие внесения биоугля в дозе 1 кг/м^2 показывает увеличение фракции физического песка, тогда как в дозе 3 кг/м^2 – наоборот, его уменьшение.

На основании рассмотрения гранулометрического и микроагрегатного составов предложены характеристики (коэффициенты), позволяющие судить об агрегированности почв, о наличии стабильных микроагрегатов.

Структура почвы является одним из главнейших факторов ее плодородия. В структурной почве создаются оптимальные условия водного, воздушного и теплового режимов, что, в свою очередь, обусловливает развитие микробиологической деятельности, мобилизацию и доступность питательных веществ для растений.

В 1932 г. Н.А. Качинским было предложено вычислять фактор дисперсности почвы ($К_д$) или степень ее распыляемости в воде, под которыми понимается процентное отношение ила (частиц <0,001 мм) «микроагрегатного» к илу «гранулометрическому». Чем выше этот коэффициент, тем более дисперсна, легче пептизируется почва, этот коэффициент показывает прочность микроагрегатов, значит, и структуры почвы.

Значения фактора дисперсности в почве без внесения биоугля (контроль) в хронологии с 2017 по 2019 гг. повышались как в системе с дренажем, так и в бездренажной системе (табл. 2), оставаясь в рамках оценок «высокий» и «хороший», то есть прочность микроагрегатов почвы уменьшалась. Пространственное значение коэффициента (контроль – биоуголь в дозе 1 кг/м^2 – биоуголь в дозе 3 кг/м^2) как 2017, так и в 2018 гг. характеризуется как «хороший», тогда как в 2019 г. последействие внесенного биоугля во всех дозах понижает коэффициент дисперсности, получая оценку «высокий», тем самым улучшая микрооструктуренность почвы.

Расчёт показателя степени агрегированности по Бэйверу и Роадесу ($К_а$) показал, что в пахотных горизонтах с отсутствием внутрипочвенного дренажа и без добавления биоугля почвы имеют удовлетворительную (2017 г.) и слабую агрегированность (2018 г.), варианты с добавлением биоугля в дозе 1 кг/м^2 показывают более высокую агрегированность по значениям, но оценка остается «удовлетворительной» и «хорошей». Вариант с внутрипочвенным дренажем с биоуглем в дозе 1 кг/м^2 получил оценку «высокая». Чем выше этот коэффициент, тем лучше агрегирована почва.

Таблица 2

Показатели структурного состояния агротемногумусовых подбелов

Год, горизонт, вариант опыта		Коэффициент дисперсности по Качинскому, $К_д$, %	Степень агрегированности по Бэйверу и Роадесу, $К_а$, %	Показатель структурности по Вадюниной, $Р_с$, %
Без дренажа				
2017	PU контроль (без биоугля)	12 высокий	60 удовлетворительная	26
2018	PU контроль	13 высокий	48 слабая	23
	PU 1 кг/м^2	22 хороший	64 удовлетворительная	26
	PU 3 кг/м^2	21 хороший	64 удовлетворительная	28
2019	PU контроль	17 хороший	67 хорошая	25
	PU 1 кг/м^2	13 высокий	73 хорошая	21
	PU 3 кг/м^2	12 высокий	81 высокая	23
Дренаж				
2017	PU контроль	8 высокий	75 хорошая	21
2018	PU контроль	17 хороший	66 хорошая	25
	PU 1 кг/м^2	15 хороший	85 высокая	26
	PU 3 кг/м^2	15 хороший	45 слабая	31
2019	PU контроль	18 хороший	81 высокая	22
	PU 1 кг/м^2	7 высокий	81 высокая	18
	PU 3 кг/м^2	13 высокий	66 хорошая	23

А.Ф. Вадюниной предложен «гранулометрический показатель структурности» (P_c), по результатам только гранулометрического анализа. Механические элементы при этом разделяются на активные, обладающие цементирующей способностью и принимающие участие в коагуляции, и пассивные, участвующие в структурообразовании как пассивный материал. Чем выше «гранулометрический показатель структурности», тем больше потенциальная способность почвы к оструктуриванию, что положительно влияет на рост растений. В вариантах с контролем в бездренажной системе происходит небольшое ухудшение показателя во времени. В 2018 г. с увеличением дозы биоугля происходит улучшение способности к оструктуриванию на всей исследуемой территории. Последействие биоугля в 2019 г. не показало повышения способности к оструктуриванию во всех вариантах.

Водопрочность структуры почвы в бездренажной системе, то есть в почвах с естественным водным режимом, через год после внесения биоугля стала намного лучше по сравнению с почвами с дренажной системой. По степени агрегированности наблюдается та же зависимость во всех вариантах опыта. Воздействие биоугля через год после внесения не оказало лучшего воздействия на способность к оструктуриванию почвы во всех вариантах.

Выводы

1. Пахотные горизонты агротемногумусовых подбелов всех вариантов опыта тяжелого гранулометрического состава и с высоким содержанием фракций крупной и мелкой пыли. При внесении биоугля в любой дозе изменений в гранулометрическом составе не происходит. В бездренажной системе долговременное влияние биоугля увеличило количество физического песка.

2. Последействие биоугля уменьшает коэффициент дисперсности во второй год применения, улучшая микрооструктуренность почвы вне зависимости от внесения дозы биоугля и наличия дренажной системы.

3. Степень агрегированности почвы улучшается с применением биоугля во всех вариантах опыта.

4. Структурность почв повышается в первый год применения биоугля во всех вариантах доз и наличия или отсутствия дренажа. Последействие биоугля во второй год понижает структурность как пространственно, так и хронологически.

Библиографический список

1. Рижия Е.Я. Применение биоугля в сельском хозяйстве Российской Федерации: методические рекомендации. – СПб.: АФИ, 2014. – 28 с.
2. Разумов Е.Ю. Биоуголь: современное представление // Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – Т. 18. – № 2. – С. 220-222.
3. Козыбаева Ф.Е., Бейсеева Г.Б., Тоқтар М., Ажикина Н.Ж. Влияние биоугля на водно-физические свойства и структурное состояние предгорных темно-каштановых почв Заилийского Алатау // International scientific and practical conference world science. – 2017. – № 5 (21). – С. 16-21.
4. Ивлев А.М., Дербенцева А.М., Голов В.И., Трегубова В.Г. Агрохимия почв юга Дальнего Востока: учебное пособие. – М.: Круглый год, 2001. – 104 с.
5. Downie, A., Crosky, A. and Munroe, P. (2009) Physical Properties of Biochar. In: Lehmann, J. and Joseph, S., Eds., Biochar for Environmental Management: Science and Technology, Earthscan, London, 13-32.
6. Verheijen, F.G.A., Jeffery, S., Bastos, A.C., van der Velde, M., and Diafas, I. (2009). Biochar Application to Soils – A Critical Scientific Review of Effects on Soil Properties, Processes and Functions. EUR 24099 EN, Office for the Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 149 pp.
7. Chan, K.Y., et al. (2007). Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment. Australian Journal of Soil Research. Vol. 45: 629-634.
8. Мухина И.М. Влияние карбонизированной биомассы на параметры плодородия дерново-подзолистых почв и эмиссию парниковых газов: дис. ... канд. биол. наук / 06.01.03. – СПб., 2017. – 187 с.
9. Полевой определитель почв. – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2008. – 182 с.
10. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports № 106. FAO, Rome. - 2014.
11. Шеин Е.В. Курс физики почв: учебник. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 432 с.
12. Шеин Е.В. Гранулометрический состав почв: проблемы методов исследования, интерпретации результатов и классификаций // Почвоведение. – 2009. – № 3. – С. 309-317.
13. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

References

1. Rizhiya E.Ya. Primenenie biouglya v selskom khozyaystve Rossiyskoy Federatsii: Metodicheskie rekomendatsii. – SPb.: AFI, 2014. – 28 s.

2. Razumov E.Yu. Biougol: sovremennoe predstavlenie // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2015. – T. 18. – No. 2. – S. 220-222.

3. Kozybaeva F.E., Beyseeva G.B., Toktar M., Azhikina N.Zh. Vliyanie biouglya na vodno-fizicheskie svoystva i strukturnoe sostoyanie predgornykh temno-kashtanovykh pochv Zailiyskogo Alatau // International Scientific and Practical Conference World Science. – 2017. – No. 5 (21). – S. 16-21.

4. Ivlev A.M., Derbentseva A.M., Golov V.I., Tregubova V.G. Agrokhimiya pochv yuga Dalnego Vostoka: ucheb. posobie. – M.: Kruglyy god, 2001. – 104 s.

5. Downie, A., Crosky, A. and Munroe, P. (2009) Physical Properties of Biochar. In: Lehmann, J. and Joseph, S., Eds., Biochar for Environmental Management: Science and Technology, Earthscan, London, 13-32.

6. Verheijen, F.G.A., Jeffery, S., Bastos, A.C., van der Velde, M., and Diafas, I. (2009). Biochar Application to Soils – A Critical Scientific Review of Effects on Soil Properties, Processes and Functions. EUR 24099 EN, Office for the Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 149 pp.

7. Chan, K.Y., et al. (2007). Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment. Australian Journal of Soil Research. Vol. 45: 629-634.

8. Mukhina I.M. Vliyanie karbonizirovannoy biomassy na parametry plodorodiya dernovo-podzolistykh pochv i emissiyu parnikovykh gazov: dis. ... kand. biol. nauk / 06.01.03. – SPb., 2017 – 187 s.

9. Polevoy opredelitel pochv. – M.: Pochvennyy institut im. V.V. Dokuchaeva, 2008. – 182 s.

10. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome. 2014.

11. Shein E.V. Kurs fiziki pochv: uchebnik. – M.: Izd-vo MGU, 2005. – 432 s.

12. Shein E.V. Granulometricheskiy sostav pochv: problemy metodov issledovaniya, interpretatsii rezultatov i klassifikatsiy // Pochvovedenie. – 2009. – No. 3. – S. 309-317.

13. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv. – M.: Agropromizdat, 1986. – 416 s.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-29-05166).



УДК 633.34:631.811.98(571.150)

С.В. Жаркова, О.В. Манылова, Е.С. Быков
S.V. Zharkova, O.V. Manylova, Ye.S. Bykov

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЛИЯНИЯ ПРЕПАРАТА «РИЗОТОРФИН» НА ЭЛЕМЕНТЫ ПРОДУКТИВНОСТИ И УРОЖАЙНОСТЬ СОИ

EVALUATION OF RIZOTORFIN INOCULANT EFFECT ON PRODUCTIVITY ELEMENTS AND SOYBEAN YIELDS

***Ключевые слова**: ризоторфин, соя, опыт, препарат, урожайность, продуктивность, семена.*

Соя – одна из востребованных зернобобовых культур в мире. Наращиванию производства зерна сои способствует возрастающая потребность в белке и масле растительного происхождения как составляющих при производстве продуктов питания человека, использующихся в фармацевтической, химической и других отраслях промышленности. Почвенно-климатические условия Алтайского края относятся к зоне экстремального земледелия, поэтому для более эффективного возделывания сои на зерно следует использовать элементы технологии, способствующие росту урожайности и улучшению качества семян, такие как обработка семян бактериальными препаратами. Цель исследований – установить влияние биопрепарата «Ризоторфин» при предпосевной обработке семян на активизацию симбиотического процесса, продуктивность и урожайность сои. В условиях лесостепи Приобья Алтайского края были заложены мелкоделяночный и полевой опыты. Объект исследования – сорт сои Грация. Предмет исследования – препарат для предпосевной инокуляции семян «Ризоторфин». При обработке семян использовали препарат «Ризоторфин»